

С. К. Сибэгатуллин, А. С. Харченко  
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г. И. Носова»,  
г. Магнитогорск,  
10tks@mail.ru, as.mgtu@mail.ru.

А. В. Чевычелов  
ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»,  
г. Магнитогорск

## **ВЛИЯНИЕ ВВОДА КОКСОВОГО ОРЕШКА В ШИХТУ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ХОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ ОКСИДОВ**

Проанализированы показатели хода восстановления железа из оксидов в доменных печах при расходах коксового орешка от 7 до 27 кг/т чугуна и различных режимах его загрузки. Применение коксового орешка в доменной плавке сопровождалось повышением степени восстановления железа из FeO водородом.

*Ключевые слова:* доменная печь, коксовый орешек, восстановление железа.

Analyzed indicators of the reduction of the iron from oxides in the blast furnace at a cost coke nut 7-27 kg / t of pig iron and various modes of his loading. The use of coke nut in blast furnaces accompanied by an increase of the degree of reduction of iron from FeO of hydrogen.

*Keywords:* a blast furnace, coke nut, a reduction of iron.

Для повышения технико-экономических показателей доменной плавки в составе шихты доменных печей используют кокс мелких классов [1, 2]. В условиях ОАО «ММК» применяют коксовую фракцию, крупностью 25–40 мм или коксовый орешек (10–25 мм) либо их смесь [3, 4]. Загрузка их в доменную печь совместно с железорудной частью шихты сопровождается изменением показателей хода доменной плавки по окружности и высоте печи. Эквивалентные по поверхности крупность орешка, агломерата и окатышей соизмеримы, что повышает порозность шихты при совместной их загрузке. Это положительно отражается на газопроницаемости слоя в верхней части печи [5]. Лабораторными испытаниями установлено, что использование коксового орешка совместно с железорудными материалами изменяет интервал размягчения и степень восстановления агломерата и окатышей [6]. Избыточное количество мелких классов кокса в отдельных секторах печи приводит к неполному их расходованию до горна печи и вследствие чего ухудшению дренажной способности коксовой насадки [7, 8].

В связи с этим исследовали показатели хода восстановления железа из оксидов на доменных печах ОАО «ММК» при использовании в шихте коксового орешка.

В опытных плавках анализировали работу четырех доменных печей. Средняя длительность каждого из 15 периодов составляла одну неделю. Все исследуемые печи оснащены бесконусными загрузочными устройствами лоткового типа. Сравнивали периоды работы печей без применения орешка и с его расходом от 7 до 27 кг/т чугуна.

Вовлечение коксового орешка в доменную плавку и дальнейшее увеличение его расхода сопровождалось понижением степени восстановления железа из FeO монооксидом углерода (рис. 1), описанное уравнением 1 и повышением степени восстановления железа из FeO водородом (рис. 2, уравнение 2). Это свидетельствует о смещении процессов восстановления в область умеренно высоких температур.

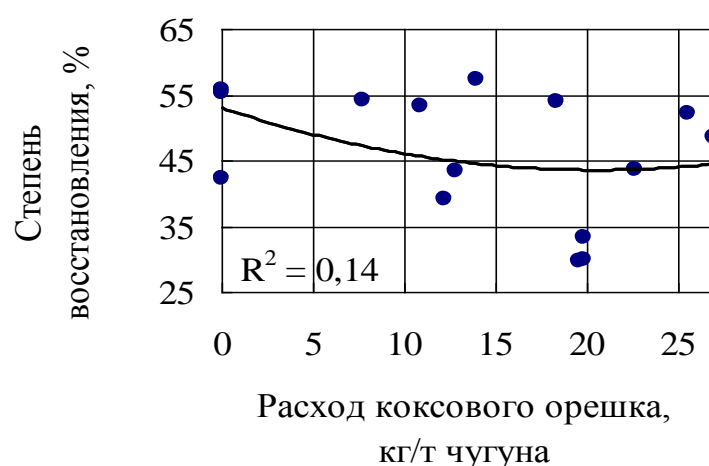


Рис. 1. Действие расхода коксового орешка на степень восстановления Fe из FeO монооксидом углерода

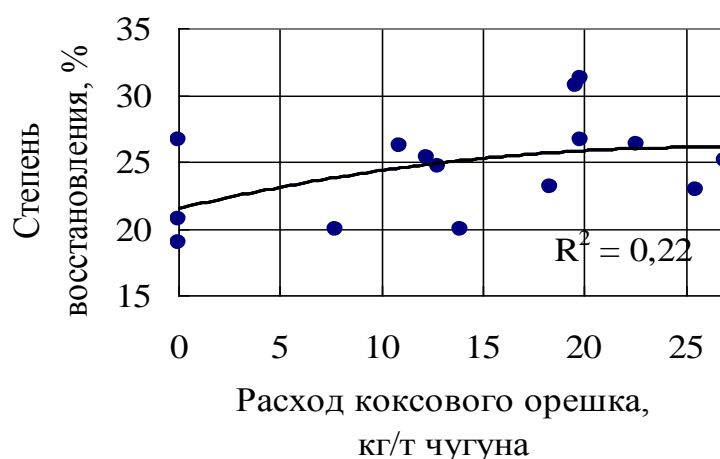


Рис. 2. Действие расхода коксового орешка на степень восстановления Fe из FeO водородом

$$r_{\text{co}} = -0,0138 \cdot P_{\text{ко}}^2 + 0,4945 \cdot P_{\text{ко}} + 26,231 \quad (1)$$

$$r_{\text{H}_2} = -0,0067 \cdot P_{\text{ко}}^2 + 0,3516 \cdot P_{\text{ко}} + 21,48 \quad (2)$$

Степень восстановления железа из FeO углеродом твердого топлива варьировалась от 20 до 40 % при различном расходе коксового орешка (рис. 3).

Низкий коэффициент корреляции свидетельствует о слабой зависимости исследуемых параметров (рис. 3, таблица).



Рис. 3. Действие расхода коксового орешка на степень восстановления Fe из FeO углеродом

В ходе исследований оценили действие равномерности распределения коксового орешка на показатели хода процессов доменной плавки (периоды VI–VIII). При повышении равномерности распределения коксового орешка по окружности колошника печи в периоде VIII наблюдали снижение степени восстановления Fe из FeO углеродом твердого топлива с 39,6 до 38,7 % абс. и увеличение степени восстановления монооксидом углерода и водородом соответственно с 29,7 до 30,0 % абс. и с 30,7 до 31,3 % абс. (табл. 1).

Таблица 1

Показатели хода восстановления в доменных печах А, Б, В, Г, Д по периодам

Д. П.	Периоды	Расход орешка, кг/т чугуна	Степень восстановления Fe из FeO различными восстановителями, %			Степень использования газа восстановителями, %		Соотношение степеней использования H <sub>2</sub> и CO
			Углеродом	Монооксидом углерода	Водородом	CO	H <sub>2</sub>	
А	I	0	31,2	42,2	26,6	44,4	41,1	0,96
	II	12,2	35,5	39,2	25,3	44,8	39,1	0,90

	III	22,6	30,0	43,7	26,3	44,3	39,5	0,90
Б	IV	0	27,7	55,4	19,0	42,1	31,7	0,75
	V	12,8	31,9	43,4	24,7	42,1	37,9	0,90
В	VI	19,7	39,6	29,7	30,7	44,5	42,8	1,02
	VII	19,8	39,9	33,4	26,7	44,2	37,7	0,89
	VIII	19,8	38,7	30,0	31,3	44,6	43,0	1,05
Г	IX	0	23,5	55,8	20,7	45,0	35,4	0,79
	X	10,9	20,4	53,4	26,2	43,4	44,3	0,97
	XI	26,9	26,2	48,7	25,1	42,1	40,1	0,91
	XII	18,3	22,9	53,9	23,1	44,9	38,4	0,85
	XIII	25,5	24,8	52,3	22,9	44,4	37,7	0,85
Д	XIV	7,7	26,1	54,2	20,0	44,5	38,8	0,87
	XV	13,9	22,7	57,3	20,0	44,3	39,7	0,90

### *Выводы*

Использование коксового орешка в пределах от 7 до 27 кг/т чугуна в доменной плавке сопровождалось повышением степени восстановления железа из FeO водородом. Повышение равномерности распределения коксового орешка по окружности колошника действовало в направлении снижения степени прямого восстановления Fe из FeO с 39,6 до 38,7 %абс., и повышения степени восстановления монооксидом углерода и водородом соответственно с 29,7 до 30,0 %абс. и с 30,7 до 31,3 %абс.

### **Список литературы**

1. *Сибагатуллин С. К.* Использование коксового орешка на доменных печах : монография / С. К. Сибагатуллин, А. С. Харченко. Магнитогорск: Изд-во гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. 162 с.
2. *Ярошевский С. Л.* Производство и использование коксового орешка в доменной плавке / С. Л. Ярошевский, Н. С. Хлапонин, А. М. Кузнецов и др. Донецк: УНИТЕХ. 2006. 68 с.
3. *Чевычелов А. В.* Влияние последовательности набора материала в бункер компактного БЗУ на эффективность работы доменной печи / А. В. Чевычелов, М. Н. Евстафьев, В. А. Бегинюк и др. // Черные металлы. 2012. № 5. С. 43–45.
4. *Чевычелов А. В.* Рациональный режим загрузки коксового орешка в шихтовый бункер БЗУ / А. В. Чевычелов, А. В. Павлов, Е. О. Теплых и др. // Сталь. 2013. № 7. С. 8–9.
5. *Сибагатуллин С. К.* Сравнение качества коксового орешка различного вида / С. К. Сибагатуллин, А. С. Харченко, Е. О. Теплых и др. // Кокс и химия. 2012. № 2. С. 29–32.

6. *Кузин А. В.* Поведение железорудных материалов в зоне когезии при загрузке их в смеси с коксовым орешком / А. В. Кузин // *Металлургические процессы и оборудование*. 2010. № 3 (21). С. 4–7.
7. *Сibaгатуллин С. К.* Влияние коксового орешка на фильтрацию жидких продуктов плавки в горне доменной печи / С. К. Сibaгатуллин, А. С. Харченко, А. В. Чевычелов и др. // *Вестн. Магнитогорск. гос. технич. ун-та им. Г. И. Носова*. 2010. № 4 (32). С. 28–30.
8. *Харченко А. С.* Использование нейросетевого моделирования для изучения газодинамического режима в нижней части доменной печи в условиях ее работы с коксовым орешком / А. С. Харченко, С. К. Сibaгатуллин, А. В. Колосов // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2011. № 11. С. 23–26.